

深基坑支护技术的现状与发展趋势研究

陶琦

施密特电梯有限公司重庆分公司 重庆 400000

摘要：本研究聚焦深基坑支护技术的实施现状与技术演进路径，通过系统梳理工程案例与文献数据，揭示当前设计理念、施工工艺及监测技术的典型特征与局限性，并预判未来发展方向。研究表明，传统经验设计仍占据主导地位，但逐渐引入多元分析手段；施工技术虽设备更新显著，但面临场地制约与质量控制挑战；监测技术呈现设备多样化到数据分析深度不足的特点。发展趋势呈现三大方向：设计理念向性能化、多学科融合转型，施工技术趋向智能化与精细化，监测技术追求高效化与精准化。研究成果可为优化支护方案、提升工程安全性提供理论支撑，推动深基坑支护技术向智能化、精准化方向升级。

关键词：深基坑；支护技术；现状；发展趋势

随着城市地下空间开发规模持续扩大，深基坑工程呈现深度增加、地质条件复杂化、周边环境敏感化的特点，支护技术作为保障工程安全的核心环节，其技术水平直接影响施工效率、成本管控与风险防控能力。当前深基坑支护领域存在显著的技术迭代需求：传统设计理念难以适应复杂地质环境，施工工艺在效率提升与质量控制间存在矛盾，监测技术面临数据采集与解析的深度匹配问题。本研究通过解析深基坑支护技术的实施现状，揭示设计理念滞后、施工管控不足、监测效能未充分发挥等关键问题，并结合行业技术演进动态，预判性能化设计、多学科协同、智能监测等发展趋势，旨在为工程技术人员提供系统性理论参考，推动支护技术向更安全、更高效的方向演进。

一、深基坑支护技术的现状

（一）设计理念方面

1. 传统设计理念仍占主导

在当今深基坑支护工程的设计实践中，传统的设计理念依然占据着核心地位。工程师们主要依赖详尽的地质勘察报告和周边环境条件作为设计依据，通过经验类比法来选定支护结构的形式，例如桩锚支护体系或地下连续墙支护体系。这种方法虽然在一定程度上能够满足常规工程的需求，但在面对复杂地质条件和特殊周边环境时，其局限性便凸显出来。比如，在某沿海城市的一

处深基坑工程中，由于地质条件复杂，存在多层软硬不均的土层，按照传统经验设计的桩锚支护结构在施工过程中遭遇了锚索成孔困难、桩体位移过大等问题。这不仅严重影响了工程进度，还增加了施工风险，对周边环境的安全性构成了潜在威胁。

2. 考虑因素逐渐多元化

然而，随着深基坑工程复杂性的不断显现，设计师们开始意识到传统设计理念的局限性，并逐渐引入更多元的考虑因素。现代设计理念不仅关注地质条件和周边环境，还深入考虑地下水位变化、土体的时空效应、施工工艺对土体的扰动等多重因素。在一些大型深基坑项目中，设计师们甚至采用数值模拟分析方法，如三维有限元数值模拟，来精确计算基坑开挖过程中的应力应变分布和土体变形，从而优化支护设计方案。这种设计方法能够更有效地控制基坑变形，确保周边建筑物和地下管线的安全。例如，在某地铁车站深基坑工程中，设计师通过三维有限元数值模拟，充分考虑了地下水渗流与土体变形的耦合作用，对支护结构的受力进行了精确分析，最终采用了一种新型的组合式支护结构，既满足了工程需求，又提高了施工安全性。

（二）施工技术方面

1. 施工工艺不断改进

在施工技术方面，深基坑支护施工工艺取得了显著进步。以桩基础施工为例，旋挖钻机应用日益广泛，逐渐取代了传统的冲击钻机和回转钻机。旋挖钻机具有成孔速度快、成孔质量高、对周边土体扰动小等显著优点，能够大大提高施工效率和支护结构的整体质量。在

作者简介：陶琦（1983.02—），男，汉族，重庆人，本科学历，一级建造师，主要从事建筑工程方面的研究工作。

某大型商业综合体的深基坑工程中，采用旋挖钻机进行灌注桩施工，平均成孔速度较以往提高了约30%，且桩体的垂直度和孔径偏差大大减小，有效保障了支护结构的稳定性和安全性。

2. 质量控制难度较大

然而，深基坑支护施工过程中的质量控制仍然面临诸多挑战。一方面，由于施工场地狭窄，施工设备和材料的堆放以及施工操作空间受到极大限制，这大大增加了施工过程中的质量隐患。例如，在某市中心的深基坑工程中，由于施工现场场地狭小，钢筋加工区设置不合理，导致钢筋堆放混乱，部分钢筋在吊装过程中发生变形，影响了钢筋笼的制作质量和安装精度。另一方面，深基坑支护施工受天气条件影响较大，特别是在雨季施工时，地下水位上升、土体含水量增加等因素极易引发基坑坍塌等安全事故。同时，不同施工队伍的技术水平和管理水平参差不齐，也给施工质量控制带来了不小的挑战。

（三）监测技术方面

1. 监测手段多样化

随着科技的不断发展，深基坑支护监测技术也在不断进步，监测手段呈现出多样化的特点。除了传统的人工测量方法外，自动化监测设备如全站仪、水准仪、测斜仪、应力应变传感器等得到了广泛应用。这些设备能够实时采集基坑的位移、沉降、应力应变等关键数据，并通过数据传输系统将数据及时传输到监测中心进行分析处理。例如，在某超高层建筑的深基坑工程中，采用了一套完整的自动化监测系统，包括多个测斜仪和应力应变传感器埋设在支护结构中，实时监测基坑的侧向位移和支护结构的受力情况。一旦数据出现异常变化，系统会立即发出警报，以便及时采取措施进行处理，从而有效避免了潜在的安全隐患。

2. 数据处理与分析能力有待提高

尽管监测手段日益先进，但在数据处理与分析方面仍存在一些不足之处。目前，对于大量的监测数据，往往只是进行简单的统计分析和图表绘制，难以深入挖掘数据背后隐藏的信息和规律。这种表面化的数据处理方式限制了监测数据的实际应用价值。例如，在某深基坑工程中，虽然监测系统采集了大量的位移和应力数据，但由于缺乏有效的数据分析模型和方法，无法准确预测基坑的变形趋势和潜在的安全隐患。因此，在一次暴雨过后，基坑出现了较大的变形，尽管及时发现并采取了补救措施，但仍造成了一定的经济损失。这提示我们，

在未来的深基坑支护监测中，需要加强数据处理与分析能力，发展更加先进的数据分析模型和技术手段，以充分发挥监测数据的价值^[1]。

二、深基坑支护技术的发展趋势

（一）设计理念的创新与优化

1. 基于性能的设计理念逐渐推广

在未来，深基坑支护技术将更加注重基于性能的设计理念。这种理念的核心在于，根据基坑的具体使用功能和周边环境的特殊要求，确定最为合理的支护结构性能目标。这些目标不仅包括变形控制要求，还涵盖了承载能力、稳定性等多方面的技术指标。设计师将通过优化设计方法，结合先进的数值模拟技术和精确的计算手段，确保支护结构能够在满足工程需求的同时，最大限度地减少对周边环境的影响。例如，在古建筑保护区或密集的地下管线区域附近施工时，设计师将采用基于性能的设计方法，通过精确的计算和模拟分析，设计出既能够满足严格控制的变形要求，又能确保周边环境和建筑物安全的支护结构。这种设计理念的推广，将推动深基坑支护技术向更加科学、精准、可靠的方向发展^[2]。

2. 与岩土工程多学科交叉融合

随着岩土工程学科的不断发展和进步，深基坑支护技术将与地基处理、土体加固等其他岩土工程领域进行更多的交叉融合。这种融合将有助于提升深基坑支护技术的整体水平，使其更加适应复杂地质条件和施工环境。例如，在软弱土地区进行深基坑施工时，设计师可先对地基进行加固处理，如采用深层搅拌桩、高压旋喷桩等先进方法对地基土进行改良，提高其强度和稳定性。这样，不仅可以有效减少支护结构的受力，降低工程造价和施工难度，还能提升整个工程的安全性和可靠性。这种多学科交叉融合的趋势，将为深基坑支护技术的发展注入新的活力。

（二）施工技术的智能化与精细化

1. 智能化施工设备的应用

在施工技术方面，智能化施工设备将成为未来发展的重要趋势。随着科技的进步，智能机器人在深基坑支护施工中的应用将越来越广泛。这些智能机器人能够代替人工完成一些危险、繁重或高精度的施工任务，如在地下连续墙施工中，智能机器人可以进行钢筋笼的自动吊装和焊接作业。这不仅提高了施工效率和质量，还显著减少了施工人员的劳动强度和安全风险。此外，无人机也将在深基坑施工监测中发挥更广泛的应用。通过搭载高清摄像头和传感器，无人机能够对基坑的整体状况

和周边环境进行实时监测和数据采集,为施工决策提供全面准确的信息支持。智能化施工设备的应用,将推动深基坑支护施工技术向更高层次发展。

2. 精细化施工管理的发展

同时,深基坑支护施工将更加注重精细化管理。通过建立信息化施工管理系统,对施工过程中的各个环节进行实时监控和管理,将成为提升施工管理水平的关键。例如,利用物联网技术将施工设备、材料、人员等信息进行连接和集成,实现对施工进度、质量、安全等方面的精细化管理。在施工过程中,管理人员可以通过手机APP或电脑终端随时查看工程施工的各项数据和信息,及时发现问题并进行协调解决。这种精细化管理方式不仅提高了施工管理的效率和决策的科学性,还为确保工程质量和安全提供了有力保障。精细化施工管理的发展,将推动深基坑支护施工技术向更加成熟、规范的方向迈进。

(三) 监测技术的高效化与精准化

1. 新型监测技术的研发与应用

为了适应深基坑支护工程日益复杂的需求,新型监测技术的研发与应用将成为未来发展的重点。例如,光纤传感技术在深基坑监测中的应用前景广阔。光纤传感器以其体积小、重量轻、灵敏度高、耐腐蚀等优点,成为监测基坑支护结构和土体内部应变、温度、湿度等多种参数的理想选择。将其埋设在混凝土结构或土体中,光纤传感器能够实时获取大量的监测数据,为基坑的安全性评估提供全面准确的依据。此外,卫星遥感技术和InSAR(合成孔径雷达干涉测量)技术也将在深基坑监测中得到更多应用。这些技术可以覆盖大面积的地表变形监测,及时发现基坑周边地面的微小变形,为灾害预警提供有力支持。新型监测技术的研发与应用,将大幅提升深基坑支护监测的技术水平和准确性。

2. 数据融合与智能分析技术的发展

随着监测数据的不断增加和复杂性的提升,数据融合与智能分析技术的发展将成为必然趋势。通过将不同类型、不同来源的监测数据进行融合处理,如自动化监测数据与人工测量数据的相结合、现场实测数据与数值模拟数据的对比分析等,可以显著提高数据的准确性和可靠性。同时,利用大数据分析和人工智能算法对监测数据进行深度挖掘和分析,将建立更为精确的基坑变形预测模型和安全风险评估模型。这些模型能够实现对深基坑支护结构和周边环境的实时监测和预警功能。例如,基于机器学习算法的深度学习模型可以对大量的历史监测数据进行学习和训练,自动识别出数据中的异常模式

和潜在风险因素,并提前发出预警信号。这将为采取相应的应对措施争取到宝贵的时间,从而有效提升工程的安全性和可靠性。数据融合与智能分析技术的发展,将推动深基坑支护监测技术向更高水平发展。

3. 物联网与云计算技术的集成应用

物联网(IoT)与云计算技术的集成应用,将为深基坑支护监测带来前所未有的变革。通过物联网技术,各种监测设备和传感器可以实现互联互通,形成一个庞大的监测网络。这些设备收集到的数据可以实时传输到云端服务器进行处理和存储。云计算平台提供了强大的计算能力和灵活的存储资源,能够对海量监测数据进行高效管理和快速分析。借助云计算技术,监测人员可以通过手机、电脑等终端设备随时随地访问监测数据,查看基坑的实时状态。同时,基于云计算的大数据分析平台可以对历史监测数据进行深入挖掘,发现潜在的规律和趋势,为未来工程的设计和施工提供参考。此外,物联网与云计算技术的集成还可以实现监测设备的远程监控和管理,及时发现设备故障并进行维护,确保监测系统的稳定运行。这种集成应用将极大地提高深基坑支护监测的效率和精准度,为保障工程安全提供更加坚实的技术支持^[3]。

结语

深基坑支护技术正处于技术升级的关键转折点。当前实践中,传统设计理念虽仍占主流,但已逐步引入多元分析维度;施工工艺虽设备迭代显著,但精细化管控体系尚待完善;监测技术虽实现设备升级,但数据解析深度不足。未来发展方向呈现三大核心趋势:设计理念将突破经验主导模式,向性能化目标导向与多学科协同方向演进;施工技术将融合智能装备与精细化管理系统,推动效率与安全双提升;监测技术将依托新型传感器与智能算法,实现实时预警与精准决策。这些技术革新将形成协同效应,为深基坑工程提供全生命周期的安全保障,助力城市地下空间开发向更高层次迈进。

参考文献

- [1] 张志勇.深基坑支护施工技术的现状与发展趋势[J].建材与装饰,2018,(33):44.
- [2] 姚志国,李丽诗.浅谈国内外深基坑支护技术的现状及进展[J].黑龙江科技信息,2011,(10):251.
- [3] 徐希萍,杨永卿.深基坑支护技术的现状与发展趋势[J].福建建筑,2008,(02):34-36.